

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕЙГИША НИЖЕ СТОРА БЕСПЛОТИННОГО ВОДОЗАБОРА НА СРЕДНЕМ УЧАСТКЕ Р.АМУДАРЬИ

Норкулов Б.Э – (ТИИИМСХ); Курбонов А.И, Бердиева Г. – магистры (Каршинский филиал ТИИИМСХ); Курбонов.А.И, - (Ташкентский государственный технический университет)

*Мақола Амударёнинг ўрта қисми, КМК тўғонсиз сув олиш ҳудудининг қуйи қисмида қирғоқларнинг ювилишини тадқиқот натижалари келтирилган. Шунингдек мақолада серсув ва кам сувли даврларда қирғоқларни ювилишини асосий омиллари, қирғоқларни эрозиядан ҳимоя қилиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган. Дала ва экспериментал тадқиқотларни солиштириш натижасида оқимнинг сиқилиши оқибатида қирғоқнинг ювилиш жараёни қайта ҳисоблаш учун масштаб танланган.*

**Калит сўзлар:** дарё ўзани, деформация, оқизиклар, қирғоқ ювилиши, ювилиш тезлиги, сув сатҳи, сув сарфи.

*The article presents the results of a full-scale study of the destruction of the banks of the lower section of the damless water intake of the KMK. The article presents the main factors of the destruction of the banks during the flood and in the low water. Because of comparison of full-scale and experimental data, but the intensive process of the collapse of the banks obtained a scale multiplier for the recalculation of lateral washouts.*

**Key words:** riverbed, deformation, runoff, coastal washing, washout rate, water level, water consumption.

**Введение.** Естественные деформации русел рек в основном происходят из-за нарушения баланса наносов, как по длине, так и в поперечном профиле русла реки. Неустойчивость русел рек обусловлена значительной насыщенностью речного потока руслоформирующими наносами, вызывающими интенсивное развитие руслового процесса. Такое развитие часто проводится в направлениях, создающих большие неудобства для хозяйственной деятельности человека. В некоторых ситуациях русловые деформации причиняют большой ущерб народному хозяйству. В качестве примера можно привести следующее: в результате аккумуляции наносов на дне, горизонт воды может подняться выше поймы, что создаст угрозу затопления расположенных на них культурных земель и населенных пунктов. Интенсивный размыв берегов, характерный для рек Средней Азии, тоже приводит к нежелательным последствиям, таким как смыв близкорасположенных культурных земель и населенных пунктов, возникновение угрозы обеспечения нормального водозабора оросительных каналов при бесплотинных водозаборах [6,7,11]. Для руслового процесса на р. Амударье характерны особые случаи интенсивного размыва берегов, вызванные кратковременным свалом потока на берег. Это явление получило название дейгиш, что в переводе на русский язык означает «дурная вода». Позднее этот термин был распространен на все случаи подмыва берега.

**Метод исследования.** Изучение результатов натурных и экспериментальных исследований на среднем участке реки Амударья, оценка состояния русла р. Амударьи, возникновения местных размывов берега как при установившемся, так и неуставившемся движении в открытом потоке является методом исследования настоящей работы.

**Результаты и обсуждения.** В этом исследовании было установлено, что средняя скорость потока в несколько раз превышала скорость смыва, определенную для почв, пересекающих реку Амударья. Резкая изменчивость расхода и уровня, высокая скорость, насыщенность потока наночастицами, движущимися и подвешенными вдоль дна ручья, и их резкое изменение характера транспортировки постоянно меняют русло, увеличивая интенсивность деформационных процессов в плане. В результате удаления пульпы от очистки наносов, поступающих в Каршинский магистральный канал, наблюдается сужение русла в нижнем створе, происходит размыв левого берега.

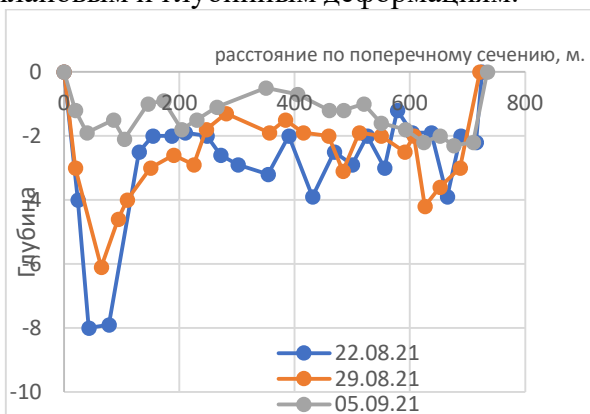
Следует отметить, что из-за резких колебаний уровня в этом участке также наблюдается изменение левого берега. В этом гидравлическом процессе длина дейгиша составляла до 1,5 км. Амударья имеет сложный гидрограф в этом районе, поэтому на одном участке реки может быть несколько типов макро- и мезоформ. В частности, изменение водного режима реки мало влияет на форму русла, и эти случаи могут наблюдаться при сохранении русловых форм предыдущего режима.

Гидрометрические измерения проводились в низовьях бесплотинной водозабора КМК для определения интенсивности стока. При этом при низком уровне воды скорость смещения составляла 1 м / сут, а при высоком уровне воды 10-15 м / сут. Зимой, когда уровень был высоким, эта величина составляла 4 м / сут, что составляет от 0,5-1,5 км до 10 км вдоль побережья. По направлению потока левый берег сместился вправо на 110 метров в период с 7 июля по 10 сентября 2021 года. В 2019-2021 годах 15-30 метров берега Амударьи было размыто за 30-40 минут.

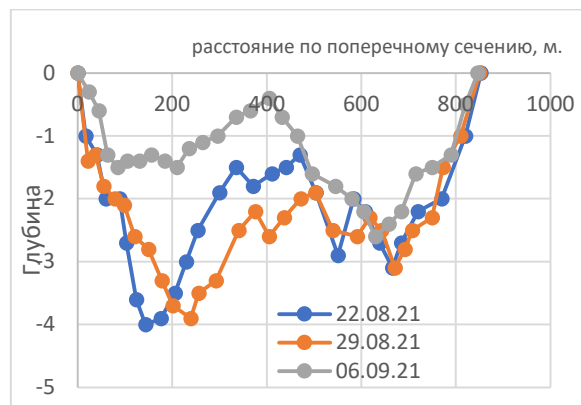


Рисунок 1. Наблюдения ниже бесплотинного водозабора КМК для определения интенсивности русловых процессов.

Особенно большие сложности возникают при проектировании головных сооружений при бесплотинном водозаборе из Амударьи, русло которой вследствие больших уклонов дна, высоких скоростей течения и легкой размываемости донных отложений (представленными мелкопесчаными слабыми грунтами) подвержено чрезвычайно сложным интенсивным плановым и глубинным деформациям.



200 м ниже бесплотинного водозабора



400 м ниже бесплотинного водозабора

Рисунок 2. Динамика изменения поперечного сечения дна реки Амударья в нижней части бесплотинного водозабора.

Для анализа глубинных деформационных процессов в реки Амударья в поле исследований проводились полевые наблюдения. На основании этого была проанализирована динамика гидравлических параметров потока, уклон кривой уровня воды на исследуемой территории составил 0,0002-0,00025.

Как видно из рисунка 2, сток перераспределяется под влиянием бесплотинного водозабора, отметка высот русла реки повышается на правом и среднем берегах, берега

находятся в процессе формирования. Графики зависимости уровня воды от расхода в этом районе имеют различный изменчивый характер (рисунок 3).

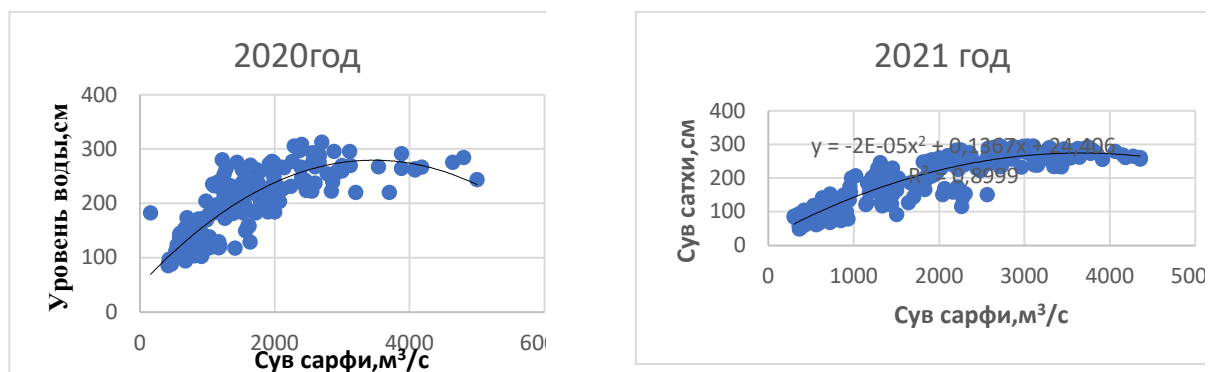


Рисунок 3. Динамика зависимости уровня воды Амударьи от расхода на бесплотинном водозаборе КМК

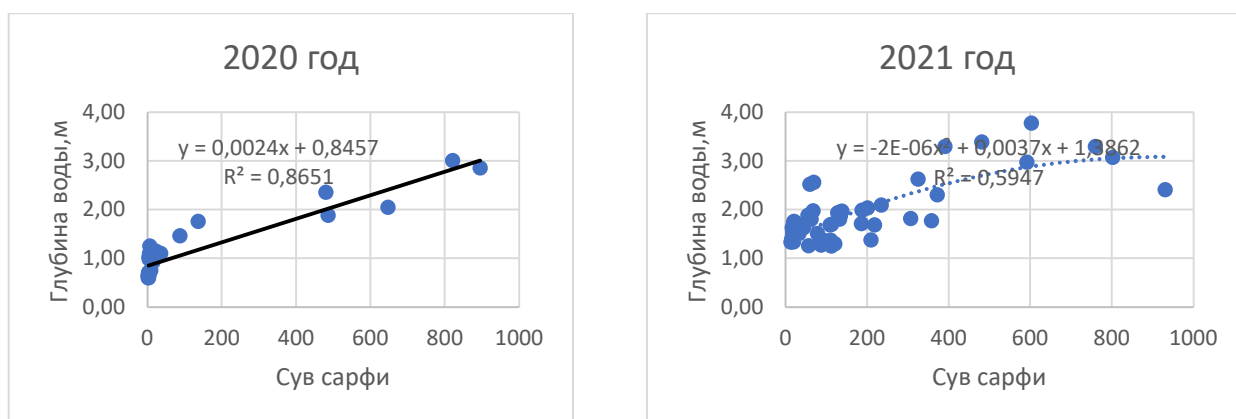


Рисунок 4. Динамика зависимости расхода воды Амударьи от глубины на бесплотинном водозаборе КМК

Анализ ситуации на рисунке 4 показывает, что глубина при одном значении расхода имеет разные значения, соответствующие глубине 1,25 - 2,8 м для расхода 100 м³/сек, 400 м³/сек для расхода 1,80 - 3,0 м. Динамика изменения глубины показала, что при повышении уровня воды отметка высоты дна реки поднимается, а при малой воде - уменьшается.

Этот вывод был подтверждён результатами нескольких лет исследований. В течение многих лет расход воды и высота дна реки практически не менялись. Эта непрерывность может быть объяснена высоким насыщением тока наночастицами, основываясь на результатах на последнем графике.

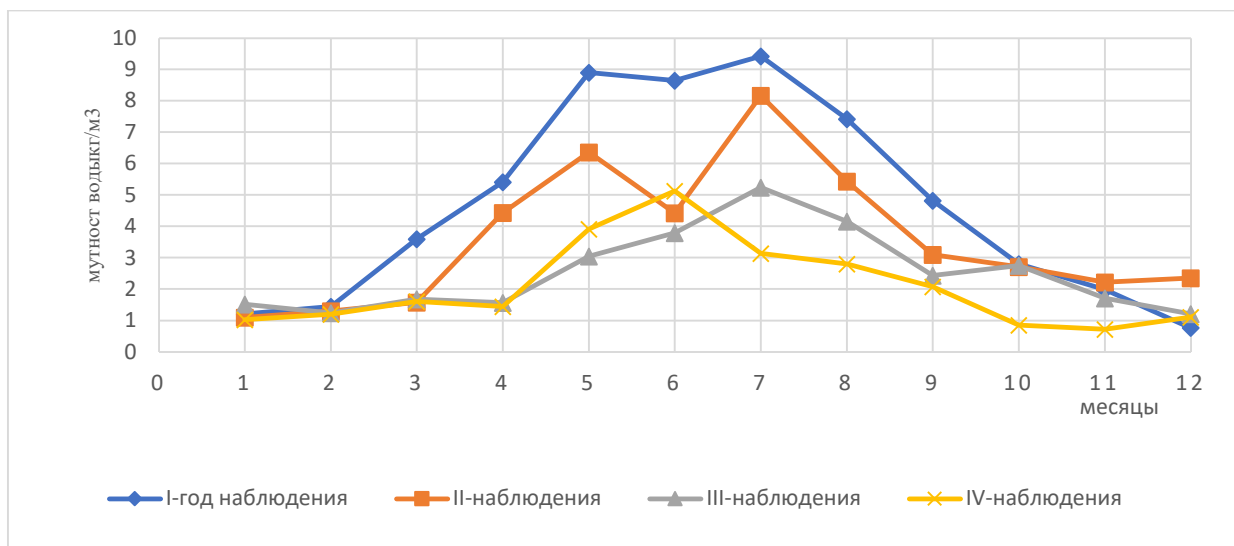


Рисунок 5. График изменения мутности потока.

Мутность потока достигла максимальных значений в весенний и летний периоды. Максимальная прозрачность воды наблюдалась осенью и зимой (рис. 5). Результаты сравнения речного стока по годам показали, что процесс размыва происходит в районе левобережья в нижнем течении бесплотинного водозабора. Изменение направления потока увеличивает меандрирование русла реки в районе исследования.

Интенсивность размыва за последние десять лет составляет 20-300 га при ширине 100-300 метров. Общая размываемая площадь на этом участке составляет 400-450 га, что увеличивает риск мытья в поселке Кизилаяк. Следует отметить, что на исследуемом участке, хотя средняя скорость потока в несколько раз превышает допустимую скорость смыва для этого грунта, по которому протекает река, существенных глубинных деформаций не происходит. Причина этого может быть оправдана тем фактом, что поток в исследуемой учатске сильно насыщен наночастицами. Первоочередные меры по предотвращению береговой эрозии - устройство насыпей, дамб и шпор.

Для решения данной проблемы рекомендовано экспериментальное исследование которое может дать конкретный прогноз русловых деформаций ниже бесплотинного водозабора КМК. Поэтому мы сделали экспериментальные исследования сооружений и прилегающего участка русла реки, где осуществляется бесплотинный водозабор в КМК.

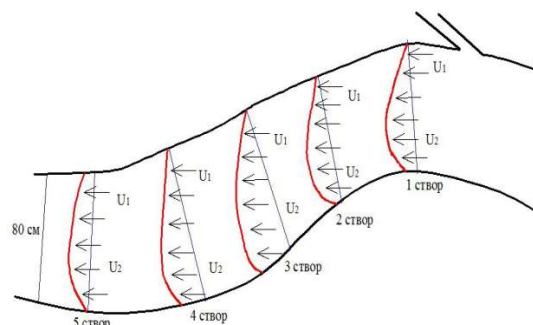


Рисунок 6. Внешний вид направления потока на гладкой поверхности с дном.

При исследовании неустойчивого и установившегося движения потока был принят масштаб 1:60. Было признано, что принятие масштаба 1:60 является эффективным при моделировании водоносных горизонтов.

Проведённое экспериментальное исследование выявило изменения гидравлических режимов потока в модели, характеристики границ русловых процессов в нижней части бесплотинного сооружения.

Экспериментальные исследования проводились в 2 серии. Первоначально гидравлические параметры потока были определены в 5 створах, установленных на гладкой поверхности, после чего были проведены экспериментальные исследования по промыванию береговой линии и корректировке русла (Рисунок 6).

В серии 1 исходное состояние потока определялось гидравлическими параметрами без учета гидравлических сопротивлений в бассейне, изначально имевшем гладкое дно. В исходном случае для измерения расхода в 1-м створе использовалась микровертушка ГМЦМ-1, который проводился в точке наблюдения 0.6h . Построены графики изменения скорости потока. На 1-м створе средняя скорость потока составила 0,43 м/с, глубина - 3,42 см, площадь поперечного сечения потока - 280 см<sup>2</sup>. Опыты проводились в смешанном состоянии мутных отложений: глубина 5,0 см, скорость потока 0,76 м/с, неровности дна засыпались смесью песка, гравия, щебня и смесью разных фракций 3,0-5,0 мм.

Измерения проводились по трём вертикалям с течением времени. Максимальный расход составляет 17,8 л/с, максимальная глубина 5 см, а максимальная скорость потока 0,79 м/с. Смещение песка и гравия производилось высотой 1,2 см и длиной 2,6 м. Было замечено, что течение изменило свое направление и двинулось к левому берегу, когда оно приблизилось к третьему створу. Наша исследовательская работа была продолжена во второй серии путем подмешивания мутных отложений с помощью дозатора к модели.

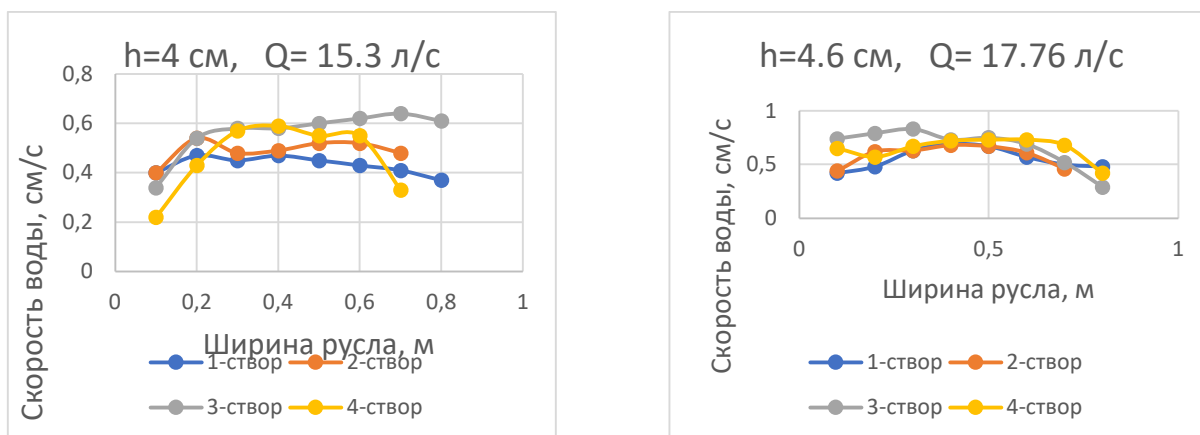


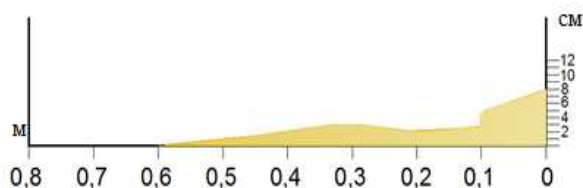
Рисунок 7. Предварительные исследования скорости по ширине канала при наличии мутных отложений.

Таблица 1

**Фракционный состав мутных отложений, использованный в экспериментальных исследованиях**

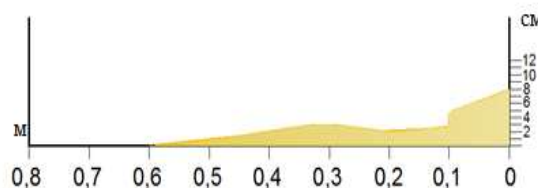
|                        |     |         |          |           |           |      |
|------------------------|-----|---------|----------|-----------|-----------|------|
| Фракционный размер, мм | 1,0 | 1,0-0,5 | 0,5-0,25 | 0,25-0,10 | 0,10-0,05 | 0,05 |
| Фракционный состав, %  | 1,5 | 1,5     | 12,0     | 14,0      | 39,5      | 31,5 |

Во 2-й серии экспериментальных исследований наши первоначальные наблюдения проводились при расходе воды 1,2 л/с. С 7-й минуты наших наблюдений наблюдался процесс деформации дна русла.



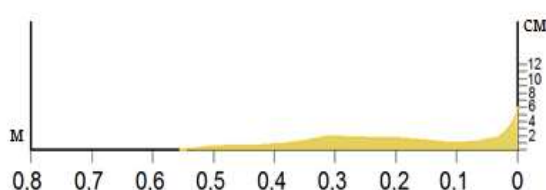
$L=1,2 \text{ м}$

$Q = 12 \text{ л / с}$ , первые 7 мин.



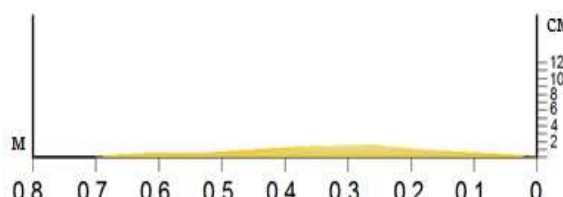
$L=1,2 \text{ м}$

$Q = 13,5 \text{ л / с}$ , время 25 минут



$L=1,6 \text{ м}$

$Q = 15,2 \text{ л / с}$ , время 48 минут;



$L=2,0 \text{ м}$

$Q = 14 \text{ л / с}$ , время 68 минут

Рисунок 8. Экспериментальные исследования по определению деформации дна русла реки при разных расходах воды.

В ходе эксперимента, наряду с увеличением объема забора воды, увеличивался и объем поступающей с водой мутности. Это связано с тем, что большое количество взвешенных и донных наносов которые естественным образом входят из речного стока в русло канала, приводят к уменьшению подвижного поперечного сечения канала и водопроницаемости (Рисунок 7-8).

Сравнение экспериментальных и полевых исследований, в реке Амударья, нижней части бесплотинного водозабора, показывает, что в участке произошли большие изменения в результате глубоких и новых русловых процессов. В этом участке основное русло реки образует извилистый широкий поток.

В результате практических исследований процесса быстрой локальной регенерации слабомутого русла в плане разработаны гидравлические схемы при устойчивых и неустойчивых движениях открытого русла, где происходит локальное омывание берега.

На участке наиболее интенсивный местный размыв берегов наблюдался в период появления характерной паводочной петли на графике  $H=f(Q)$  (рис. 4).

Наиболее интенсивно размыв происходит на спаде паводка, когда уклоны поверхности воды от переката к плёсу, т. е. в сторону вогнутого берега, увеличиваются в 2 – 3 раза, а в отдельных случаях до 10 раз, и местные скорости течения, набегаящего на берег, резко возрастают.

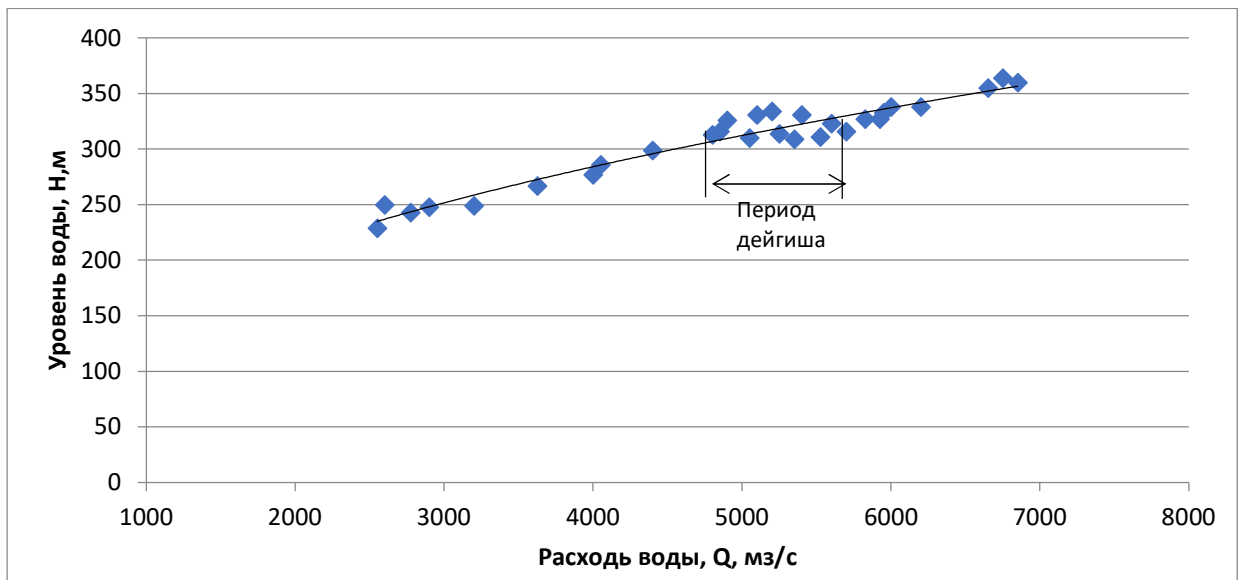


Рисунок 9. График зависимости уровня  $H$  от расхода воды  $Q$  в период паводка в зоне дейгиша на среднем участке р.Амударьи.

Необходимо отметить, что блуждание основного русла р. Амударьи происходит за счёт увеличения водозабора, перегрузки речного отложения ниже створа водозабора, из-за частых сбросов наносов при *очистке* в пойму реки. Это привело к отложению и подъёму дна русла, интенсивному блужданию потока, что частично влияет на смещение основного потока на левый берег. В результате изменения профиля русла, образования свального учения происходит блуждание основного русла по широкой пойме [12]. Образуется меандрирующее русло в районе водозабора и в прибрежных зонах интенсивного размыва, особенно на левом берегу реки ниже створа водозабора в головном сооружении КМК наблюдается дейгиш. Площадь размыва за период 2010-2017 г.г. левого берега реки ниже головного водозабора КМК составляет 200-250 га при ширине полосы 100-300 м. Площадь размыва пойменной части р. Амударьи на этом участке в зоне свального течения прибрежной территории составляла 170-200 га. Общая площадь размыва составляет 300-450 га. Исходя из сложившейся русловой обстановки в районе пос. *Кызылаяк* на подъёме и спаде паводка в связи с интенсивным изменением планового положения и деформации основного русла может создаться аварийная ситуация, разрушение населенного пункта Кызылаяк [9,14].

В результате сопоставления натурных и экспериментальных данных по интенсивному процессу обрушения берегов получен масштабный множитель для пересчёта боковых размывов в таком виде [8]

$$M_{\Delta B} = \frac{\Delta B_n}{\Delta B_m} = \frac{M_h^m}{(M_l M_d)^{0.5m-0.5}} \quad (1)$$

где  $\Delta B$  - уширение русла;  $M_h$  – вертикальный масштаб модели;  $M_l$  – плановый масштаб модели;  $M_d$  – масштаб диаметра частиц грунтов, слагающих русло реки (при моделировании мелкопесчаных грунтов р. Амударьи можно принимать  $M_d = 1$ );  $m$  – переменный показатель, зависящий от фазы движения наносов и изменяющийся в пределах  $1,1 < m < 2$ .

В зоне интенсивных плановых деформаций русла при свале потока на берег  $m = 2$  и, так как при гидравлическом моделировании размыва берега  $M_l = M_h$ , то при применении мелкопесчаных грунтов на модели

$$M_{\Delta B} = M_h^{1.5} \quad (2)$$

Для регулирования русла реки регуляционными сооружениями (спрямлением и т. п.) необходимо определить ширину  $B$  и среднюю глубину  $h_{cp}$  устойчивого русла.

Кинематико-морфологические характеристики речного потока определили по формулы

Алтунина.

$$B = A_1 \frac{Q^{\frac{1+2x}{2.5+3x}}}{(gl)^{\frac{0.5+x}{2.5+3x}} d^{\frac{2x}{2.5+3x}}} \quad (3)$$

$$h_{cp} = A_2 \frac{Q^{\frac{1}{2.5+3x}} d^{\frac{3x}{2.5+3x}}}{(gl)^{\frac{0.5}{2.5+3x}}} \quad (4)$$

где  $A_1$  — кинематико-морфологический параметр ширины потока;  $A_2$  — кинематико-морфологический параметр глубины потока;  $Q$  — расчетный расход потока в период дейгиша;  $I$  — продольный уклон свободной поверхности воды;  $g$  — ускорение свободного падения;  $d$  — средний диаметр грунтов;  $x = \frac{v_{нов} - v}{v}$ ;  $v_{нов}$  — средняя поверхностная скорость потока;  $v$  — средняя скорость всего потока. Проведённые исследования дейгиша должны позволить разработать рациональные схемы защиты берегов от размыва.

**Выводы и рекомендации.** На основании результатов проведённых исследований дейгиша и наблюдения за динамикой морфометрии русла реки водного потока в среднем течении р.Амударьи, можно сделать следующие заключения:

1. В результате забора воды из Амударьи в КМК сток перераспределяется, на правом и среднем берегах русло реки поднимается, берега находятся в процессе переформирования.

2. Резкая изменчивость расхода и уровня, высокая скорость, насыщение потока наночастицами, движущимися и подвешенными вдоль дна, и их резкое изменение характера транспортировки наносов постоянно меняют русло, увеличивая интенсивность деформационных процессов в плане.

3. В результате удаления наносов с очистки наносов, поступающих в Каршинский магистральный канал, наблюдается сужение русла в нижнем бассейне и размыв левого берега. На основании этого результата было признано, что в будущем необходимы более точные исследования.

4. По результатам гидрометрических измерений, проведенных в нижнем участке бесплотинного водозабора, при низком уровне воды размыв берега составлял 1 м/сут, а при высоком уровне воды 10-15 м/сут. Зимой, когда уровень был высоким, эта величина составляла 4 м/сут, что составляет от 0,5-1,5 км до 10 км вдоль побережья. По направлению потока левый берег сместился вправо на 110 метров в период с 7 июля по 10 сентября 2021 года. В 2019-2021 годах 15-30 метров берега Амударьи было размывто за 30-40 минут. Первоочередные меры по предотвращению береговой эрозии - устройство насыпей, дамб и шпор.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абидов М.М. Регулирование наносного режима при водозаборе на горно-предгорных участках рек: дис. канд. техн. наук: 05.23.07 / Абидов Мурат Мухамедович. — М., 2006. — 199 с.
2. Базаров Д. Р. Научное обоснование новых численных методов расчета русловых деформаций рек, русло которых сложены легкоразмываемыми грунтами, Дис. на соискание уч. степени д. т.н., М., 2000, 249с.
3. Базаров Д.Р, Норкулов.Б.Э, Жумабаева Г.У, Артикбаева Ф.К, Пулатов С.М, Особенности гидрологических характеристик среднего течения реки Амударья. “Аграрная Наука” научно-теоретический и производственный журнал. ISSN 0869 – 8155 №6-2019.г. Москва.
4. Базаров Д.Р., Норкулов Б., Рузимухамметова Д.М. “Изменение гидрологического режима реки при бесплотинном водозаборе” Архитектура, строительство, дизайн. № 4, 2011г. С-39-41.
5. Алтунин В.С., Аннаев С.А., Аширов С.А., Натурные исследования разрушения берегов (дейгиш) на среднем участке р.Амударьи. Труды IV всесоюзного гидрологического съезда. Том 10. 44-49 стр.
6. Д.Э. Махмудова, Х.М. Дурдиев Р.А. Эрманов. К выбору нового устойчивого бесплотинного водозабора из р. Амударья для обеспечения надежного водообеспечения южных регионов

Узбекистана. Режим доступа <http://mail.icwc-aral.littel.uz/library/rus/hist/sb-tr-saniiri-1984/pages/056.htm>

7. Крутов А.Н. Перспективы применения численного моделирования русловых процессов// Актуальные проблемы водного хозяйства и мелиорации орошаемых земель, Материалы Республиканской научно-практической конференции, Ташкент, Узбекистан, 2011, стр. 124-129.
8. Мухамедов Я.С. Регулирование русла и режима наносов Амударьи у бесплотинных водозаборов руслорегулировочными сооружениями. Режим доступа <http://mail.icwc-aral.littel.uz/library/rus/hist/sb-tr-saniiri-1984/pages/056.htm>
9. Мухаммедов Я. С. Эксплуатация Каршинского магистрального канала при водозаборе из р. Амударьи и пути его улучшения. Режим доступа: <http://www.cawater-info.net/library/rus/mukhamedov1.pdf>
10. Шульц В.Л. Реки Средней Азии [Текст]: [В 2 ч.] / Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Среднеаз. науч.-исслед. гидрометеорол. ин-т. - [2-е изд., перераб.]. - Ленинград: Гидрометеоиздат, 1963.
11. Bazarov, D., Markova, I., Norkulov B. Isabaev, K., Sapaeva, M. "Operational efficiency of water damless intake"
12. Bazarov.D, Norkulov.B, Vokhidov.O, Uljaev.F, Ishankulov.Z, Two-dimensional flow movement in the area of protective regulatory structures. STCCE-2020. Materials Science and Engineering. doi:10.1088/1757-899X/890/1/012162
13. Krutov A, Bazarov D, Norkulov B, Obidov B, Nazarov B 2019 Experience of employment of computational models for water quality modelling. E3S Web of Conferences. EDP. Sciences. doi: 10.1051/e3sconf/20199705030